

短報 (Note)

衛星写真を利用した東北森林管理局管内図の作成

粟屋 善雄^{1)*}・新林 昭一²⁾

Creation of a Map of Tohoku Forest District Area Using Satellite Images

AWAYA Yoshio^{1)*} and SHINBAYASHI Shouichi²⁾

Abstract

The forest planning district map of the Tohoku Regional Forest Management Office was created using satellite data to show forest cover information for forest management. Nine scenes of Thematic Mapper on Landsat were mosaicked and the intensities of all images were adjusted at the same time, then the mosaicked image was overlaid on the Transverse Mercator coordinate system of Japan. Forest management office boundaries and 'Midorino Kairou' (forest corridor) boundaries were displayed over the mosaicked image, on which the national forest areas were brightened. The result showed the extents of the national forest, the corridors and vegetation there. The resulting image showed the richness of deciduous forests in the national forest and discontinuous areas of the corridors with vegetation type. Thus the satellite map can show information that is useful for forest management. It is also possible to overlay other kinds of geographical information that are useful for forest management such as elevation on the satellite map.

Key words : corridor, forest management office, national forest, satellite map

1. はじめに

技術革新によって、コンピュータ上で地理情報システム (GIS) と呼ばれるソフトウェアを使えば、様々なデータを数値化してディスクに格納することが簡単にできるようになった。GISを使えば、格納したデータを加工して様々な主題図を作成することや、森林資源管理に必要な情報を集約することもできる (Priceら, 1994)。一方、衛星センサにより地表面被覆を広域で同時に撮影できるようになって、約30年が経過した。この間、センサの性能は向上し、様々な用途で衛星写真が用いられるようになってきている。衛星センサが観測する土地被覆の情報によって、森林の面的な広がり把握することが可能であり (長ら, 1988; Gongら, 1990; Waymanら, 2001) 衛星写真や分類結果などに地理情報を重ねて表示し、位置情報を付加することもできる (加藤, 1991; 粟屋, 1991)。最初の日本

列島の衛星データ数値モザイクは、1980年代前半にランドサット・マルチスペクトラルスキャナのデータを用いて作成された (福江, 1993)。当時はプログラムを自作し、ミニコンピュータを利用して作成されたが、現在は市販のソフトウェアとパーソナルコンピュータを用いてモザイクを作成できる。しかし、森林管理署の規模で複数の衛星データをモザイクし、森林情報を重ねて印刷した例は国内では報告されていない。一方、筆者らは地理情報と衛星データや空中写真を組み合わせて森林管理へ活用する方法を提示していくことを目指している。以上のような背景を踏まえて、森林管理局の管内全域を対象として、衛星写真上に森林管理署の管轄境界や国有林境界を重ねて表示し、衛星写真版の森林管内図を作成してその効用について検討した結果を報告する。

原稿受付：平成14年9月2日 Received Sep. 2, 2002 原稿受理：平成15年1月27日 Accepted Jan. 27, 2003

1)* 森林総合研究所 東北支所 〒020-0123 盛岡市下厨川字鍋屋敷92-25

Tohoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), 92-25 Nabeyashiki, Shimokuriyagawa, Morioka, Iwate 020-0123, Japan; e-mail : awaya@ffpri.affrc.go.jp

2) 林野庁東北森林管理局計画課 Forest Planning Section, Tohoku Forest Management Bureau, Forestry Agency

2. 対象地域とデータ

対象地域は東北森林管理局および同青森分局の管理域である青森県、秋田県、岩手県、宮城県と山形県の全域である。森林管理署の管轄境界と国有林および官行造林地の境界を数値化するために縮尺1/400,000の東北森林管理局管内図を利用した。緑の回廊の境界を数値化するために、管内図を編集して作成された奥羽山脈緑の回廊と白神八甲田緑の回廊の図面を利用した。また、地図座標変換の基準として、国土地理院が作成した縮尺1/25,000の地形図を利用した。

衛星データにはランドサット衛星のセマティックマップパー (TM) のデータを用いた (Table 1)。TMデータの1シーンは東西南北、約180 km四方をカバーするが、東北森林管理局の管内を覆うには8つのシーンが必要になる。全国的にも日照時間が少ない秋田県では、秋田県北と青森県津軽地方の快晴時のデータが見当たらず、パス108、ロー32 (D108-032、以下同様) については2シーンのデータを利用した (Table 1)。ところで、地表面の状況は季節ごとに大きく変化し、森林の色 (反射係数) も季節により著しく変化する (粟屋ら, 1999)。このため、シーン間の色調を一致させるには、植生の色が比較的似通った季節のデータを用いることが望ましい。そこで、東北地方で雲のないデータが比較的多い6月を中心にしてTMデータを収集した。

3. 作成方法

3.1 衛星データ

本稿ではFig. 1に示すフローにより衛星写真版管内図を作成した。GISソフトウェアは図面類の地図座標変換とTMデータの処理にERDAS社のImagine ver. 8.4を、管理署管轄境界、国有林および回廊の境界の数値化にはESRI社のArcView ver. 3.2を利用した。

背景となるTMデータは各シーンの色調を一致させ (マッチング) 地図座標系にあわせて座標変換する必要がある。まず、Imagineを利用してTMデータをディスクに格納した。この時にImagineの機能により、衛星の軌道と姿勢の情報に基づいてTMデータをUTM座標系に幾何補正した (システム補正)。残念ながらシステム補正ではTM

Table 1. 利用したランドサットTMデータ
Landsat TM images used for this study.

シーン名 Name	パス Path	ロー Row	日付 Date
下北 Shimokita	107	31	1996/6/14
盛岡 Morioka	107	32	1995/6/12
一関 Ichinoseki	107	33	1995/6/12
福島 Fukushima	107	34	1987/5/21
津軽 Tugaru	108	31	1998/5/26
弘前 Hirosaki	108	32	1992/5/10
弘前 Hirosaki	108	32	1998/5/26
酒田 Sakata	108	33	1999/8/1
新潟 Niigata	108	34	1999/8/1

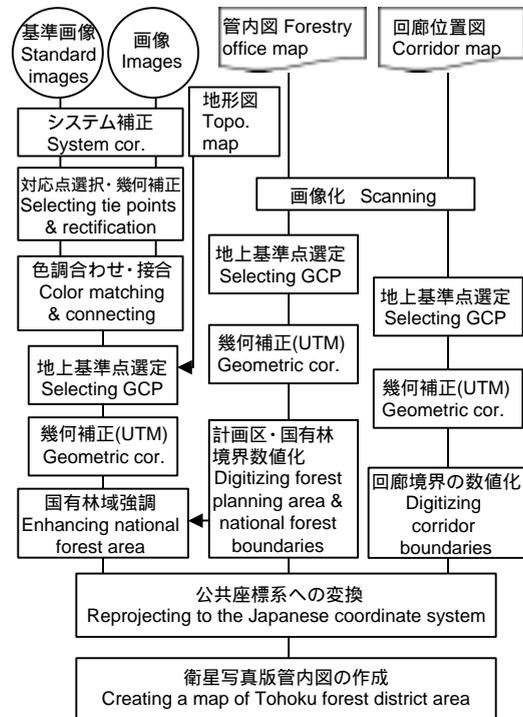


Fig. 1. 衛星写真版管内図の作成フロー

Flow chart of procedures for creating a Tohoku forest district area map using satellite imagery.

データを完全にUTM座標系に重ねることができない。つまり、この時点では各TMデータの位置は少しずつずれている。

そこで、基準となるシーンを定めて各データを正確に重ねてから、色調をマッチングした。同じ日に観測されたD107-032とD107-033のTMデータは色調を補正する必要がなく、隣接データが多い。また、太陽高度の高い時期に観測されたので明るさのレンジが広い。このため、これらに他のTMデータの色調をマッチングすれば、処理手順が少なくしてレンジを広く保てるので、基準データとして都合が良い。そこでD107-032とD107-33を基準データとして以後の処理を行った (Fig. 2)。

各データが基準データに重複するエリアを利用して重複エリアの4隅と、重複エリア全域にちらばるように対応点を設定した。センサのメカニズムのため (宇宙開発事業団, 1986) TMデータは東西方向では中心投影となるので、軌道直下から離れた高山の場合、地理的位置精度を高く保ちにくい。この影響を避けるため、おおむね標高800 m以下のエリアで対応点を選んだ。次いで座標変換式を求めて基準データに各シーンを重ね合わせた。そして、D107-032を基準に北側の5シーンを接合し、D107-033を基準に南側の4シーンを接合し、最後に北側と南側を接合した。

各データを接合する時に色調を一致させた。ヒストグラムマッチング (高木ら, 1997) と呼ばれる方法を用いて、重複エリア内の明るさの頻度分布を一致させ、シーン全域に適用した。2シーン間の微妙な色調の違いは補正し

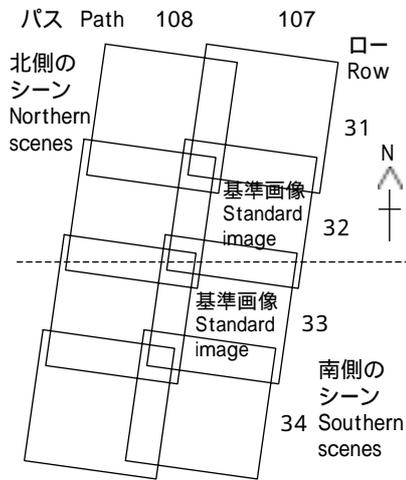


Fig. 2. TMデータのパス・ローの配置
Paths and rows of Landsat TM imagery
Solid squares show TM scenes. Dashed line separates the northern scenes and the southern scenes in the image processing.

きれなかったので、フェザリングと呼ばれる方法を用いて、重複エリアで段階的に色調を変化させて、境界が目立たないようにした（パスコ, 2000）。

接合および色調マッチングを終えたTMデータについて、縮尺1/25,000の地形図を参照して地上基準点を選定し、これらの点から求めた地図座標変換式を用いてUTM座標系とのズレを補正した。

3.2 図面類

図面類はCalComp社の大型スキャナを利用して800 dpiの分解能でスキャンして数値データ化した。数値データ化した各図面中の緯線・経線の交点を地上基準点とした。交点の数が少ない白神八甲田緑の回廊の図面については、三角点も地上基準点とした。そして地上基準点を利用して地図座標変換式を求め、画素サイズを5 mとして図面類をUTM座標系に変換した。これらの図面を用いて管理署管轄境界、国有林界と官行造林地界、そして奥羽山脈緑の回廊、白神八甲田緑の回廊と生態系保護地域の境界をトレースして、それぞれについてポリゴンデータを作成した。

3.3 公共座標系への変換

行政機関で用いる地図は日本独自の平面直角座標（公共座標）系で作成されている。このため、UTM座標系で作成したデータを平面直角座標系に変換した。これらのデータを、ImagineあるいはArcView上でオーバーレイ表示し、衛星画像版の管内図として印刷できる。組み合わせる情報や画像強調を変えて何種類かの図面を作成した。本稿では国有林が判別しやすいように国有林を明るく強調して、その上に管理署管轄境界、回廊と生態系保護地域の境界線を図示した例について述べる。

4. 結果と考察

4.1 衛星写真版管内図の位置精度

システム補正では、数百メートル程度の位置ズレを生じたTMデータがあったが、幾何補正により1画素程度の精度で各データが重なった。最終的な地図座標変換でも位置のズレは1画素程度と判断された。しかし、2シーンがオーバーラップする飯豊連峰の稜線では、2シーン間で4画素程度のズレが生じた。これより山岳地では2～3画素（100 m程度）の位置誤差を生じている部分があると判断された。縮尺1/400,000の図面では0.25 mmが100 mに相当し、モザイク画像は管内図の背景としては十分な位置精度を保っていると考えられた。

本稿ではTMデータを先に接合してから最終的な地図座標変換を施したが、各TMデータを地図座標変換してから接合する方法も考えられた。後者のように地図座標変換を終えていればTMデータをそのまま接合できるので、処理ステップが少ない。しかし、TMデータと地形図上の対応点を選定するより、複数のTMデータ上で対応点を選定するほうが容易で正確である。このため、本稿の方法のほうが精度良くTMデータを重ねることができる。

ところで、境界線の数値化と地上基準点の座標計測で極端に縮尺の異なる図面を利用したが、それは以下の理由による。管内図は国土地理院の地勢図（縮尺1/200,000）を編集して作成されているが、境界線は国有林が業務で用いている基本図（縮尺1/5,000）などから移写している。数値化精度を高くするには基本図を数値化することが望ましいが作業量が膨大になる。この作業量を軽減するため、本報告では管内図を利用した。一方、衛星データの地上分解能が30mと細かいので、地図との対応点を選定するには小縮尺より大縮尺の地図のほうが容易なと、座標変換後の位置精度を高く保てる。このため地上基準点の選定には縮尺1/25,000の地形図を利用した。

境界線の数値化については管内図から数値化した国有林境界や管理署管轄境界を正確にトレースできた。しかし、管内図を編集して作られた回廊図では回廊の境界を判読しにくく、200 m程度のズレの生じた部分があった。大縮尺の図面を用いての境界線の位置精度の向上は、今後の課題である。

4.2 TMデータの色調マッチング

TMデータの可視チャンネルのように森林部分のデータレンジが狭い場合に、森林部分だけを対象に色調マッチングを行うと色調がうまく合わない場合がある。このため、水域や農地や市街地などの他の土地被覆も含めて色調マッチングの重複エリアを定めたほうが良いと考えられた。色調を合わせる時に、ヒストグラムの最大頻度をもつ被覆物に明るさが一致するので、一番関心のある地表物の頻度を最大にし、かつ、明るさのレンジを広く保つように重複エリアを設定した（パスコ, 2000）。このようにして作成したモザイク画像では各TMデータの境界が消

えて、色調マッチングとフェザリングが非常に効果的だった。

4.3 衛星写真版管内図の特徴

従来の管内図では国有林の地理的分布は明らかだったが、国有林がどのような森林で構成されているのかは不明だった。本報告で衛星写真を背景にした結果、以下のように森林分布の概況を把握できるようになった。

TM画像が緑系、紫系の色で表示されているため、境界線として識別できる色が限られることが衛星写真版管内図の問題点である。この問題を軽減するため、国有林については境界線を図示するのではなく、国有林地域を明らかに表示して分布を識別できるように配慮した。これにより、境界情報が煩雑になるのを回避できた。

TMデータの色調を6月のデータに合わせたが、この季節は新緑期にあたる。第5、第4、第3チャンネルを赤・緑・青に割り当てて色合成すると新緑期の落葉樹は明るい草色で表示されるが、常緑針葉樹は濃緑色である。ところで、多くの画素では複数の被覆物や植生タイプが混ざって存在している（混合画素）が、この季節の場合、落葉樹と常緑針葉樹の混合画素中では落葉樹の色調が勝るので、マッチング後の画像は全体に明るく表示され、常緑針葉樹が目立ちにくくなった。このような傾向があるが、TMデータからは国有林は山岳地に広がり落葉樹林が大半を占めている様子が伺え、国有林では常緑樹林は民有林との境界部分に多いと判断された。一方、民有林の多くは常緑樹と判断されて、国有林と民有林で常緑樹と落葉樹の比率が大きく違うことが示された。

回廊については民地で分断されている部分を識別し、その部分での森林の連続性を確認できた。北東北3県では民有林を回廊に組み入れる動きがあるが、衛星写真版管内図は回廊の充実に向けて、国有林分布と実際の森林タイプや国有林外での植生の連続性といった情報を提供できると言えよう。このように衛星写真版管内図によって森林の分布実態を大きな視点で捉えることが可能になった。また、標高などの他の地理情報を組み合わせて表示すれば、森林管理に有益な面情報をさらに提供できると考えられた。

5. おわりに

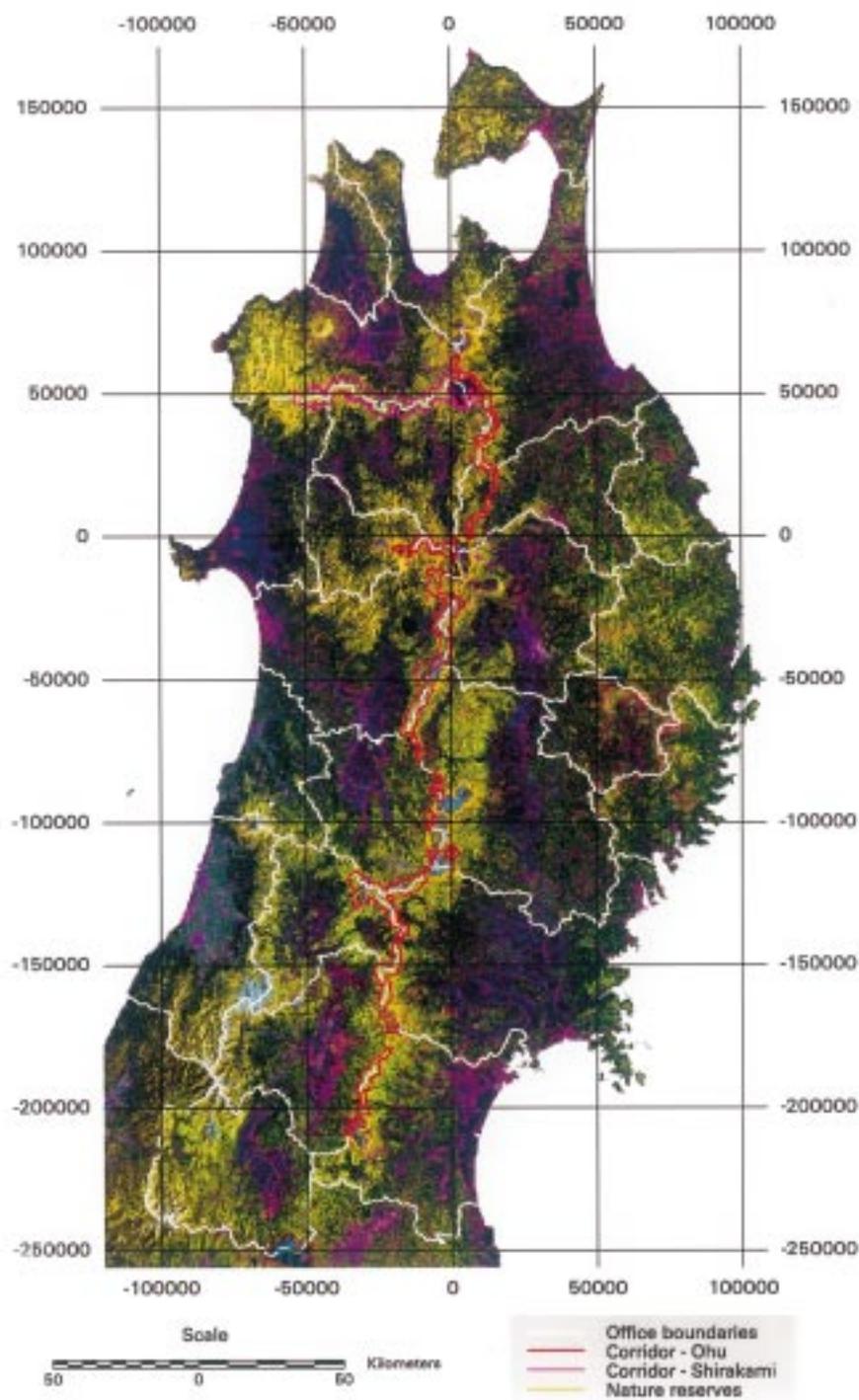
モザイク画像を作成したのは2000年末のことであるが、当時手元にあったTMデータを用いた結果、年次が不揃いになったことが残念である。しかし、各地域とも雲のないTMデータは3年間に1回ないし2回程度しか観測されない。このため、年次と季節を揃えたモザイク画像を作成することはかなり困難だろう。

衛星写真版管内図の作成は林野庁秋田営林局計画課長の海野達也氏（当時）の発案による。宇宙開発事業団にTMデータを提供していただき、佐々木孝子さんと安部悠子さんに国有林情報を数値化して頂いた。衛星写真版管内図の作成にご協力いただいた各位に記してお礼申し上げます。本研究は林野庁交付金課題「調和的利用を目指した森林情報システムの開発」で実施した。

引用文献

- 粟屋善雄（1990）森林資源調査 - リモートセンシングによる伐採地解析, 日本リモートセンシング学会誌, 10(3), 65-75
- 粟屋善雄・田中伸彦（1999）冷温帯森林の反射スペクトルの季節変化の特徴：ランドサットTMデータを利用した解析, 写真測量とリモートセンシング, 38(4), 35-46
- 長子瑛・河西由美・福江潔也・下田陽久・坂田俊文（1988）土地被覆分類におけるLANDSAT TMおよびSPOT HRVデータの特性評価, 写真測量とリモートセンシング, 27(3), 4-15
- 福江潔也（1993）デジタルモザイク処理による日本列島衛星地図の作成, 写真測量とリモートセンシング, 32(3), 12-20
- Gong, P. and Howarth, P. J. (1990) The use of structural information for improving land-cover classification accuracies at the rural-urban fringe. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 56(1), 67-73
- 加藤正人（1990）衛星リモートセンシングとGISの統合に基づく森林管理の展望, 日本リモートセンシング学会誌, 10(3), 109-117
- パスコ（2000）Erdas ツアーガイド. パスコ, 東京, 314-324
- Price, M. F. and Heywood, D. I. (1994) *Mountain environments and geographic information systems*. Taylor & Francis, London, United Kingdom, 309p
- 高木幹雄・下田陽久（1991）画像解析ハンドブック, 東京大学出版会, 東京, 775p
- 宇宙開発事業団（1986）地球観測データ利用ハンドブック - ランドサット編・改訂版 -, リモートセンシング技術センター, 東京, 296p
- Wayman, J. P., Wynne, R. H., Scriver, J. A., and Reams, G. A. (2001) Landsat TM-based forest area estimation using iterative guided spectral class rejection. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 67(10), 1155-1166

付図 Attached figure



衛星写真版森林管内図

ランドサットTMデータを背景に表示した。TMデータの第5チャンネル、第4チャンネル、第3チャンネルの順に赤、緑そして青に色を割り当ててある。TMデータでは常緑針葉樹林が深緑、落葉樹林が黄緑、そして植生の少ない農地は紫となっている。東北森林管理署管内の国有林を明るく強調し、森林管理署の管轄境界を白線で示した。既設の生態系保護地域を黄色で、奥羽山地と白神八甲田の緑の回廊を赤系統の色で示した。国有林の広がりや植生タイプ、回廊が分断されている様子がよく分かる。

Satellite image version of Tohoku forest district area map

TM image is shown as the background. Channel 5, 4 and 3 of TM data are displayed in red, green and blue respectively. Evergreen forests, deciduous forests and sparsely vegetated crop fields are shown in dark green, green and purple respectively. The national forest area is highlighted in the TM image. Forestry office boundary lines are shown in white. Present nature reserves are shown in yellow and 'Midoeino Kairou' (forest corridors) of Ohu mountains and Shirakami-Hakkoda are shown in reddish colors. The extent of the national forest, vegetation type and disconnected areas of the forest corridors can be seen at a glance.